

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 04 936.3

Anmeldetag: 6. Februar 2003

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung: Drehanode für eine Röntgenröhre mit einem Anodenkörper aus Faserwerkstoff sowie Verfahren zu deren Herstellung

IPC: H 01 J 35/10

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 25. November 2003
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident
Im Auftrag

Siech

Beschreibung

Drehanode für eine Röntgenröhre mit einem Anodenkörper aus Faserwerkstoff sowie Verfahren zu deren Herstellung

5

Die Erfindung betrifft eine Drehanode für eine Röntgenröhre mit einem mittels eines Lagersystems gehaltenen Anodenkörper aus Faserwerkstoff, der eine Targetoberfläche mit einem Brennring und Fasern mit besonders hoher Wärmeleitfähigkeit aufweist, wobei dem Anodenkörper ein achsnahes Kühlsystem zugeordnet ist, sowie ein Verfahren zur Herstellung einer derartigen Drehanode.

10

15

Aus Krestel, "Bildgebende Systeme für die medizinische Diagnostik", Seiten 157f sind Röntgenröhren mit Drehanode bekannt, bei denen der Anodenteller aus einer Molybdänlegierung besteht. Auf dem Basiskörper ist eine röntgenaktive Deckschicht aus einer Wolfram-Rhenium-Legierung aufgebracht. Unter dem Anodenteller ist zur Wärmespeicherung, -ableitung und -abstrahlung ein Graphitkörper angebracht, so dass der Anodenteller aus einem löttechnisch hergestellten Verbund aus Mo- und C-Substrat besteht, in dem sich die Wärme entsprechend den Wärmeleitfähigkeiten und dem Wärmespeichervermögen ausbreitet. Die WRe-Legierung der Deckschicht kann eine Dicke von 0,6 bis 1,6 mm besitzen.

20

30

35

Bei Röntgenröhren ist eine der wesentlichen technischen Herausforderungen die Wärmeabfuhr aus dem Brennfleck und die Verteilung der Wärme des Brennflecks auf größere Flächen durch Rotation der Anode, die durch die Rotation und durch thermomechanische Beanspruchungen hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt ist. Ferner ist, insbesondere bei Anwendungen in der Computertomographie (CT), das übliche hohe Anodengewicht ein Nachteil, da bei den in der CT aus der Geräterotation resultierenden üblichen Fliehkräften bei hohen Anodengewichten große Beanspruchungen der Drehanodenlager resultieren.

Deshalb ist in der Patentanmeldung 102 29 069.5 eine Drehanode mit einem Grundkörper aus Kohlfaserwerkstoffen (CFC) vorgeschlagen worden, bei der Fasern mit besonders hoher Wärmeleitfähigkeit eine günstige Wärmeabfuhr aus der Brennfleckbahn von Röntgen-Drehanodenröhren an ein innen gekühltes Lagersystem bewirken.

Bei derartigen Röntgen-Drehanoden tritt jedoch das Problem auf, dass man schon bei der Herstellung darauf achten muss, dass eine gute Wärmeleitfähigkeit erreicht wird.

Die Erfindung geht von der Aufgabe aus, die Drehanode einer Röntgenröhre der eingangs genannten Art derart auszubilden sowie ein Herstellungsverfahren für eine derartige Drehanode anzugeben, dass die in der als Drehanode ausgebildeten Targetoberfläche entstehenden hohen Temperaturen rascher als bisher üblich vom Brennring weggeleitet werden und dieser somit der thermomechanischen Beanspruchung längere Zeit standhält oder alternativ bei nicht verlängerten Standzeiten höhere Leistungsdichten erträgt.

Die Aufgabe wird für eine Vorrichtung erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der überwiegende Teil aller Fasern mit ihrer in longitudinaler Richtung besonders hohen Wärmeleitfähigkeit sowohl an dem Brennring als auch am Kühlsystem derart stumpf enden, dass ihre Stirnflächen in direktem wärmeleitenden Kontakt sowohl mit dem Brennring als auch dem Kühlsystem stehen, so dass die wünschenswerte bessere Ableitung gewährleistet ist. Dadurch lässt sich ein entsprechender CFC-Grundkörper so herstellen, dass die in ihm enthaltenen Fasern die Wärme optimal an eine achснаhe Kühlfläche heranzuführen, ohne geometrisch die bei Röntgenröhren heute üblichen Abmessungen zu sprengen.

Dabei können erfindungsgemäß mehr als 80% der Fasern, besonders vorteilhaft gar alle Fasern mit besonders hoher Wärme-

leitfähigkeit sowohl an dem Brennring und als auch am Kühlsystem enden.

Es hat sich als vorteilhaft im Hinblick auf die Nutzung der hohen Längs-Wärmeleitfähigkeit erwiesen, wenn der Anodenkörper mehrteilig, d.h. aus zwei oder mehr Teilen, ausgebildet ist, wobei die einzelnen Teile derart passgenau aneinander befestigt sein können, dass die Innenfläche eines äußeren Teiles die Außenfläche eines innenliegenden Teiles vollständig berührt. Dabei kann der Anodenkörper erfindungsgemäß aus drei Teilen gebildet sein.

Ein einfacher Zusammenbau ergibt sich, wenn alle Teile des Anodenkörpers eine gleich große Ausbohrung aufweisen, durch die das Kühlsystem gesteckt ist.

Die Aufgabe wird für ein Herstellungsverfahren erfindungsgemäß durch folgende Schritte gelöst:

- a) Erstellung von wenigstens zwei kelchförmigen Formteilen, von denen der Außendurchmesser (D_2 etc.) eines kleineren Formteils dem Innendurchmesser eines größeren Formteils entspricht,
- b) Anbringung von zentrischen Ausbohrungen des Durchmessers d in den Formteilen,
- c) Verbindung der Formteile untereinander und
- d) Anbindung des fertigen Körpers an das Kühlsystem.

Erfindungsgemäß können die Verbindung der Formteile untereinander und/oder die Anbindung des fertigen Körpers an das Kühlsystem im Rahmen eines Verfestigungsverfahrens, beispielsweise durch Karbonisieren oder durch Lötung erfolgen.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 Rohling eines Anodenkörpers,

Figur 2 bearbeitete Drehanode mit Kühlkörper,

5 Figur 3 erster Rohling,

Figur 4 erstes bearbeitetes Formteil,

Figur 5 zweiter Rohling,

10

Figur 6 zweites bearbeitetes Formteil,

Figur 7 dritter Rohling,

15 Figur 8 drittes bearbeitetes Formteil und

Figur 9 Drehanode mit zusammengefügt bearbeiteten Formteilen und Kühlkörper.

20 Ein naheliegender Ansatz zur Gestaltung eines entsprechenden CFC-Körpers ist der, dass die Fasern einerseits an der Brennbahn und andererseits am achsnahen Kühlkörper enden, wie es anhand der Figuren 1 und 2 beschrieben ist.

30 In der Figur 1 ist ein Rohling eines Anodenkörpers 1 mit einer Brennfleckbahn 2 dargestellt, der aus einem Faserwerkstoff besteht, beispielsweise einem Kohlefaserwerkstoff (CFC), der wärmeleitende Fasern 3 mit besonders hoher Wärmeleitfähigkeit in longitudinaler Richtung aufweist. Der kelchartige Anodenkörper 1 verjüngt sich und läuft in einem Stiel 4 aus. Der Anodenkörper 1 weist einen Außendurchmesser D , die Brennfleckbahn 2 eine Breite b und der Stiel 4 eine Dicke d auf.

35 In der Figur 2 ist ein bearbeitetes Formteil einer Drehanode mit Kühlung dargestellt, das aus dem Rohling erstellt wurde. Hierzu wurde in der Mitte des Anodenkörpers 1 eine Ausbohrung

angebracht, durch die ein gekühltes Lagersystem 5 gesteckt und befestigt wurde. In dem Anodenkörper 1 sind die Fasern 3 derart ausgerichtet, dass sie die Wärme von der im Außenbereich der Drehanode oben unter einem Winkel angebrachten Brennfleckbahn 2 auf das gekühlte Lagersystem 5 ableiten. Damit alle, auch die parallel zur Rotationsachse auslaufenden Fasern 3 mit dem gekühlten Lagersystem 5 in Kontakt stehen, muss das Lagersystem 5 mit einem Flansch 6 versehen sein, der die Breite d aufweist.

10

Will man erreichen, dass alle Fasern, die unter der Brennbahn beginnen, an der Kühlfläche enden und somit die exzellente Wärmeleitfähigkeit der Fasern in Längsrichtung optimal nutzen, dann bestimmt sich der Durchmesser d des Flansches 6 aus dem Brennbahnaußendurchmesser D und Brennbahnbreite b wegen der Querschnittskonstanz der Gesamtmenge der Fasern wie folgt:

15

$$\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{D}{2} - b\right)^2 = \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

20

oder

$$d = \sqrt{Db - b^2}$$

25

Für gängige Brennbahngeometrien im Hochleistungsröhrenbereich mit einem Durchmesser von $D = 200$ mm und einer Brennbahnbreite von $b = 15$ mm ergeben sich für den Flansch-Durchmesser d teilweise recht hohe Werte, die in herkömmlichem Röhrendesign schwer zu realisieren sind. So ergibt obengenanntes Beispiel einen Flansch-Durchmesser von $d = 105$ mm.

30

Aus diesem Grund wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, den Anodenkörper 3 mehrteilig auszuführen, wie dies anhand der folgenden Figuren für drei Teile beschrieben ist.

35

In der Figur 3 ist ein erster Rohling 7 dargestellt, der einen Außendurchmesser D und dessen Brennfleckbahn eine Breite b_1 aufweist. Der Rohling 7 besteht aus einem ersten schalenförmigen Teil 8 und einem ersten stielförmigen Teil 9 mit einem Durchmesser d_1 . Die Innenwand des schalenförmigen Teils 8 weist eine Form auf, die der Kurve $r_{i1}(x)$ entspricht, wobei x der Abstand der Kurve von der Oberkante des Rohlings 7 ist. Die Außenwand folgt der frei festlegbaren Funktion $r_{a1}(x)$, die die Außenkontur des Anodenkörpers bestimmt.

10

Um von dem Rohling 7 zu dem in Figur 4 dargestellten ersten bearbeiteten Formteil 10 zu gelangen wird der stielförmige Teil 9 durch eine Ausbohrung 11 mit einem Durchmesser d entfernt.

15

In der Figur 5 ist ein zweiter Rohling 12 mit einem Außendurchmesser $D - b_1$ und einer Brennfleckbahn mit einer Breite b_2 dargestellt. Auch der zweite Rohling 12 besteht aus einem schalenförmigen Bereich 13 und einem stielförmigen Teil 14 mit einem Durchmesser d_2 . Die Form der Außenwand des schalenförmigen Bereiches 13 entspricht zweckmäßigerweise der Form der Innenwand des Teils 10 .

20

Durch eine Ausbohrung 15 mit dem Durchmesser d gelangt man von dem zweiten Rohling 12 zu dem in Figur 6 dargestellten zweiten bearbeiteten Formteil 16, wobei der Teil 14 entfernt wird.

25

In der Figur 7 ist ein dritter Rohling 17 mit einem Außendurchmesser $D - b_1 - b_2$ und einer Brennfleckbahn mit einer Breite b_3 dargestellt. Auch der dritte Rohling 17 ist im oberen Bereich 18 schalenförmig ausgebildet und weist ein stielförmiges Teil 19 mit einem Durchmesser d_3 auf.

30

Durch Einbringung einer Ausbohrung 20 mit dem Durchmesser d gelangt man von dem dritten Rohling 17 zu dem in Figur 8 dargestellten bearbeiteten dritten Formteil 21, wodurch der Teil

35

19 entfernt wird. Die Form der Außenwand dieses dritten Formteils 21 entspricht auch hier wieder der Form der Innenwand des zweiten Formteils 16.

- 5 Die drei Formteile 10, 16 und 21 werden nun ineinander gefügt und miteinander verbunden, so dass sich ein zusammenhängender CFC-Grundkörper 22 ergibt, der in Figur 9 dargestellt ist.

Die Verbindung der n mechanisch bearbeiteten Formteile unter-
10 einander kann im Rahmen eines Verfestigungsverfahrens, beispielsweise durch Karbonisieren oder durch Löten, erfolgen. Ebenso kann die Anbindung des fertigen Körpers an die Kühlfläche durchgeführt werden.

- 15 Durch die einzige sich ergebende Ausbohrung im CFC-Grundkörper 22 wird jetzt ein im Einbauzustand mit einem Kühlmittel durchströmten Kühlkörper 23 geschoben, an dessen Fläche alle wärmeleitenden Fasern enden, so dass die Wärme von der Brennfleckbahn 2 direkt an den metallischen Kühlkörper 23 abgelei-
20 tet wird.

Wie bereits beschrieben wird der CFC-Grundkörper 22 wird aus n - in unserem Beispiel beträgt $n = 3$ - unterschiedlichen Formteilen zusammengesetzt, um derartige Drehanoden in Röhren herkömmlichen Designs einsetzen zu können. Dabei ist die Formgebung der Rohlinge 7, 12 und 17 so vorzunehmen, dass diese nach der skizzierten axialen, zentrischen Ausbohrung 11, 15 und 20 mit dem Durchmesser d weitgehend ineinander passen, ohne dass die gegenseitigen Passflächen selbst nennenswert bearbeitet werden müssen. Durch Bearbeitung der
30 Passflächen würden Fasern getrennt und so der optimale Wärme-
fluss behindert. Eine solche günstige Formgebung der Rohlinge 7, 12 und 17 ist durch geeignete Auslegung der Formkörper, über denen die Rohlinge geformt (gelegt, gestrickt, gewebt,
35 gewirkt etc.) werden, möglich. Ist beispielsweise die gewünschte Außenkontur des Anodengrundkörpers durch $r_{a1}(x)$ gege-

ben, wobei $r_{a1}(x) \geq d$ ist, dann wird die Außenkontur des Formkörpers für das äußerste der n Formteile 10 beschrieben durch

$$(r_i(x))^2 \approx (r_a(x))^2 - (Db - b^2)\sqrt{1 + (r_a'(x))^2},$$

5

wobei durch den Term unter der Wurzel die Schrägstellung der Fasern im schalenförmigen Bereich zwischen Brennbahn und Stiel berücksichtigt wird.

10 Diese durch $r_{i1}(x)$ beschriebene Innenkontur des äußersten Formteils 10, die identisch ist mit der Außenkontur desjenigen Formkörpers, auf den das äußerste Formteil aufgeformt wurde, ist für $r_{i1}(x) > d$ zugleich neue Außenkontur $r_{a2}(x)$ für das zweite Formteil 16, dessen Formkörper in diesem Bereich
15 dann analog zum ersten Formkörper berechnet werden kann.

Im Bereich $r_{a2}(x) < d$ ist die Außenkontur des zweiten Formteils 16 weitgehend frei festlegbar. Es ist lediglich zu beachten, dass der Gesamtfaserquerschnitt des zweiten Formteils
20 16 innerhalb r_{a2} unterbringbar sein muss.

Die Berechnungen für die weiteren Formteile erfolgen analog.

25 Damit reelle Lösungen der Gleichungen erhalten werden, ist es, wie schon gesagt, erforderlich, dass die Außenkonturwerte stets so gewählt werden, dass der Gesamtfaserquerschnitt des jeweiligen Formteils immer innerhalb r_a unterbringbar ist. Dies kann durch geeignete Wahl der Werte für b sichergestellt werden. In anderen Worten: Der Durchmesser der Außenkontur
30 darf nie so klein werden, dass die ihm entsprechende Kreisfläche kleiner als der Gesamtquerschnitt der Fasern des jeweiligen Formteils wird.

Die Soll-Geometrie der Formkörper ist also nach dem Prinzip
35 der Querschnittskonstanz der Gesamtheit der Fasern und durch geeignete Wahl der Werte b_1 bis b_n unschwer berechenbar und auf gewünschte Werte für d abstimmbare, wenn entweder die

äußere oder die innere Kontur des Anodengrundkörpers festgelegt ist.

Dieses Vorgehen ist sowohl

- 5 a) bei Verwendung von Rohlingen, die nur aus einem lockeren Faserverbund bestehen, wobei in diesem Fall geeignete Aufspannungen zum mechanischen Bearbeiten der Rohlinge zu wählen sind, als auch
- 10 b) bei Rohlingen möglich, die bereits teilweise oder endgültig getränkt, verfestigt, infiltriert, reaktionsinfiltriert, pyrolysiert, karbonisiert oder graphitiert sind.

Der Raumbedarf am Kühlkörper kann durch die erfindungsgemäße Vorrichtung und das Verfahren deutlich reduziert werden. Unter optimaler Ausnutzung der hohen axialen Wärmeleitfähigkeiten aller in der Brennbahn beginnenden Kohlefasern sind Geometrien möglich, die den heute üblichen Röhrenauslegungen entsprechen, so ergibt sich beispielsweise bei einem Durchmesser von $D = 200$ mm und einer Breite der einzelnen Brennfleckbahnen von $b_1 = b_2 = b_3 = 5$ mm ein Durchmesser von d_{\min} zu 62 mm. Auch eine rückwärtskompatible Verwendung von Anoden mit CFC-Grundkörpern in herkömmlichen Röhren ist somit unter optimaler Ausnutzung der hohen axialen Wärmeleitfähigkeit der C-Fasern möglich.

In den Figuren sind zur besseren Übersicht nur die temperaturleitenden Fasern 3 dargestellt. In andere Richtungen laufende Fasern, wie in der Patentanmeldung 102 29 069.5 beschrieben, können selbstverständlich vorgesehen sein, sind aber nicht von grundsätzlicher Bedeutung für den vorliegenden Gegenstand.

Patentansprüche

1. Drehanode (1, 22) für eine Röntgenröhre mit einem mittels
eines Lagersystems (5) gehaltenen Anodenkörper (1) aus Faser-
werkstoff, der eine Targetoberfläche mit einem Brennring (2)
und Fasern (3) mit besonders hoher Wärmeleitfähigkeit auf-
weist, wobei dem Anodenkörper (1) ein achsnahes Kühlsystem
(23) zugeordnet ist, d a d u r c h g e k e n n -
z e i c h n e t , dass der überwiegende Teil aller Fasern
(3) mit ihrer in longitudinaler Richtung besonders hohen Wär-
meleitfähigkeit sowohl an dem Brennring (2) und als auch am
Kühlsystem (5, 23) derart stumpf endet, dass ihre Stirnflä-
chen in direktem wärmeleitenden Kontakt sowohl mit dem Brenn-
ring (2) als auch dem Kühlsystem (5, 23) stehen.

2. Drehanode (1, 22) nach Anspruch 1, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , dass mehr als 80% der Fasern
(3) mit besonders hoher Wärmeleitfähigkeit sowohl an dem
Brennring (2) und als auch am Kühlsystem (5, 23) enden.

3. Drehanode (1, 22) nach Anspruch 1 oder 2, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass alle Fa-
s ern (3) mit besonders hoher Wärmeleitfähigkeit sowohl an dem
Brennring (2) und als auch am Kühlsystem (5, 23) enden.

4. Drehanode (1, 22) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass der
Anodenkörper (22) mehrteilig ausgebildet ist, wobei die ein-
zelnen Formteile (10, 16, 21) derart passgenau aneinander be-
festigt sind, dass die Innenfläche eines äußeren Formteiles
(10, 16) die Außenfläche eines innenliegenden Formteiles (16,
21) vollständig berührt.

5. Drehanode (1, 22) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass der
Anodenkörper (1) aus drei Formteilen (10, 16, 21) gebildet
ist.

6. Drehanode (1, 22) nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass die
Formteile (10, 16, 21) des Anodenkörpers (1) eine gleich gro-
5 ße Ausbohrung (11, 15, 20) aufweisen, durch die das Kühlsys-
tem (23) gesteckt ist.

7. Drehanode (1, 22) nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass die
10 Breiten (b_1 , b_2 , b_3) der Brennringe (2) der einzelnen Form-
teile (10, 16, 21) gleich sind.

8. Verfahren zur Herstellung einer Drehanode (1, 22) nach
einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet
15 durch folgende Schritte:

- a) Erstellung von wenigstens zwei kelchförmigen Formteilen
(10, 16, 21), von denen der Außendurchmesser (D_1 , D_2 , D_3)
eines kleineren Formteils (16, 21) dem Innendurchmesser
eines größeren Formteils (10, 16) entspricht,
- 20 b) Anbringung von zentrischen Ausbohrungen (11, 15, 20) glei-
chen Durchmessers (d) in den Formteilen (10, 16, 21),
- c) Verbindung der Formteile (10, 16, 21) untereinander und
- d) Anbindung des fertigen Körpers (22) an das Kühlsystem
(23).

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung der Formtei-
le (10, 16, 21) untereinander und/oder die Anbindung des fer-
tigen Körpers (22) an das Kühlsystem (23) im Rahmen eines
30 Verfestigungsverfahrens erfolgt.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Verfestigung und/oder
die Anbindung des fertigen Körpers (22) an das Kühlsystem
35 durch Karbonisieren erfolgt.

11. Verfahren nach Anspruch 6, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , dass die Verbindung der Formtei-
le (10, 16, 21) untereinander und/oder die Anbindung des fer-
tigen Körpers (22) an das Kühlsystem (23) durch Lötung er-
5 folgt.

Zusammenfassung

Drehanode für eine Röntgenröhre mit einem Anodenkörper aus Faserwerkstoff sowie Verfahren zu deren Herstellung

5

Die Erfindung betrifft eine Drehanode (1, 22) für eine Röntgenröhre mit einem mittels eines Lagersystems (5) gehaltenen Anodenkörper (1, 22) aus Faserwerkstoff, der eine Targetoberfläche mit einem Brennring (2) und Fasern (3) mit besonders hoher Wärmeleitfähigkeit aufweist, wobei dem Anodenkörper (1, 22) ein achsnahes Kühlsystem (23) zugeordnet ist. Der überwiegende Teil aller Fasern (3) mit ihrer in longitudinaler Richtung besonders hohen Wärmeleitfähigkeit endet sowohl an dem Brennring (2) und als auch am Kühlsystem (5, 23) derart stumpf, so dass ihre Stirnflächen in direktem wärmeleitenden Kontakt sowohl mit dem Brennring (2) als auch dem Kühlsystem (5, 23) stehen.

10

15

Figur 9

20

FIG 1

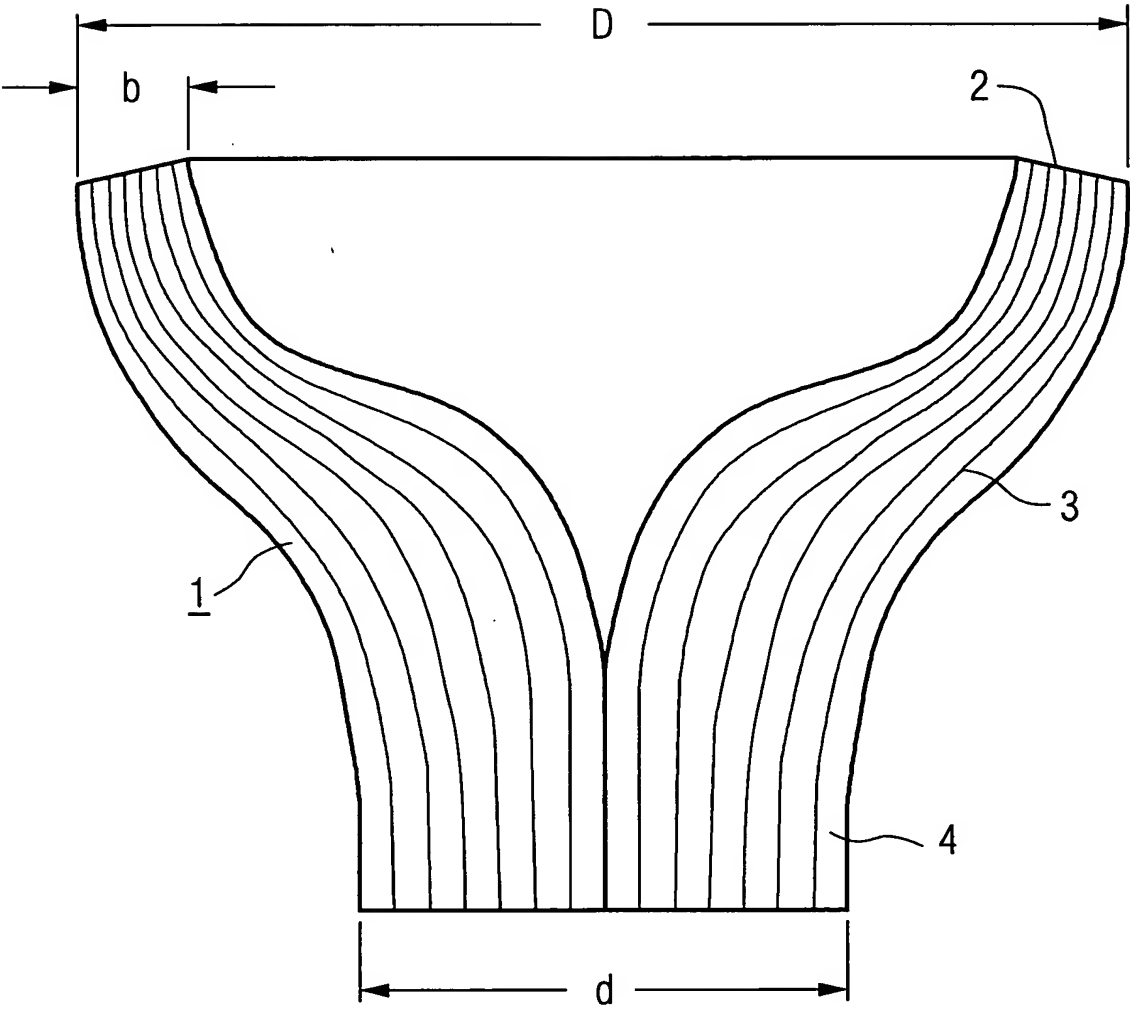


FIG 2

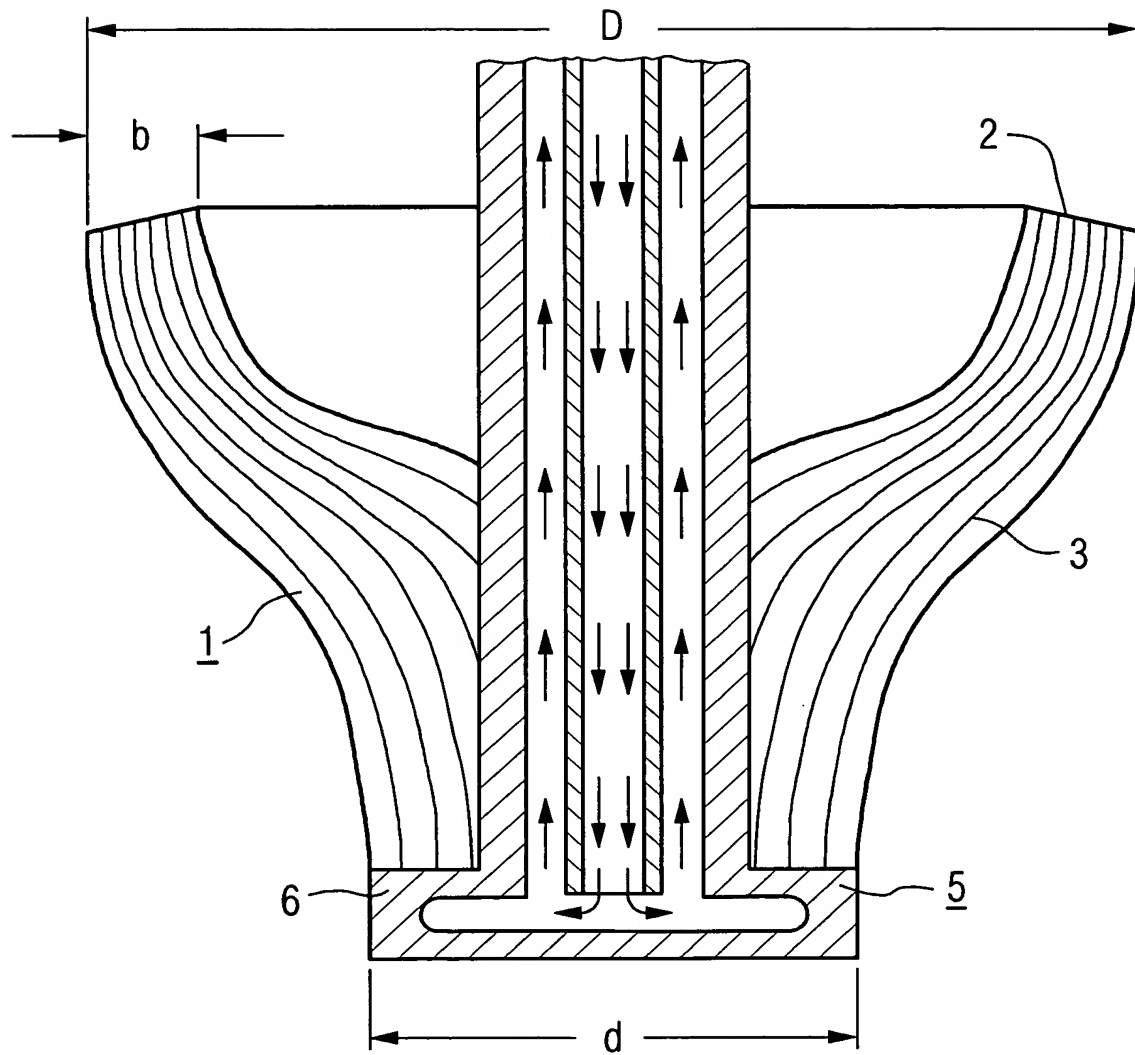


FIG 3

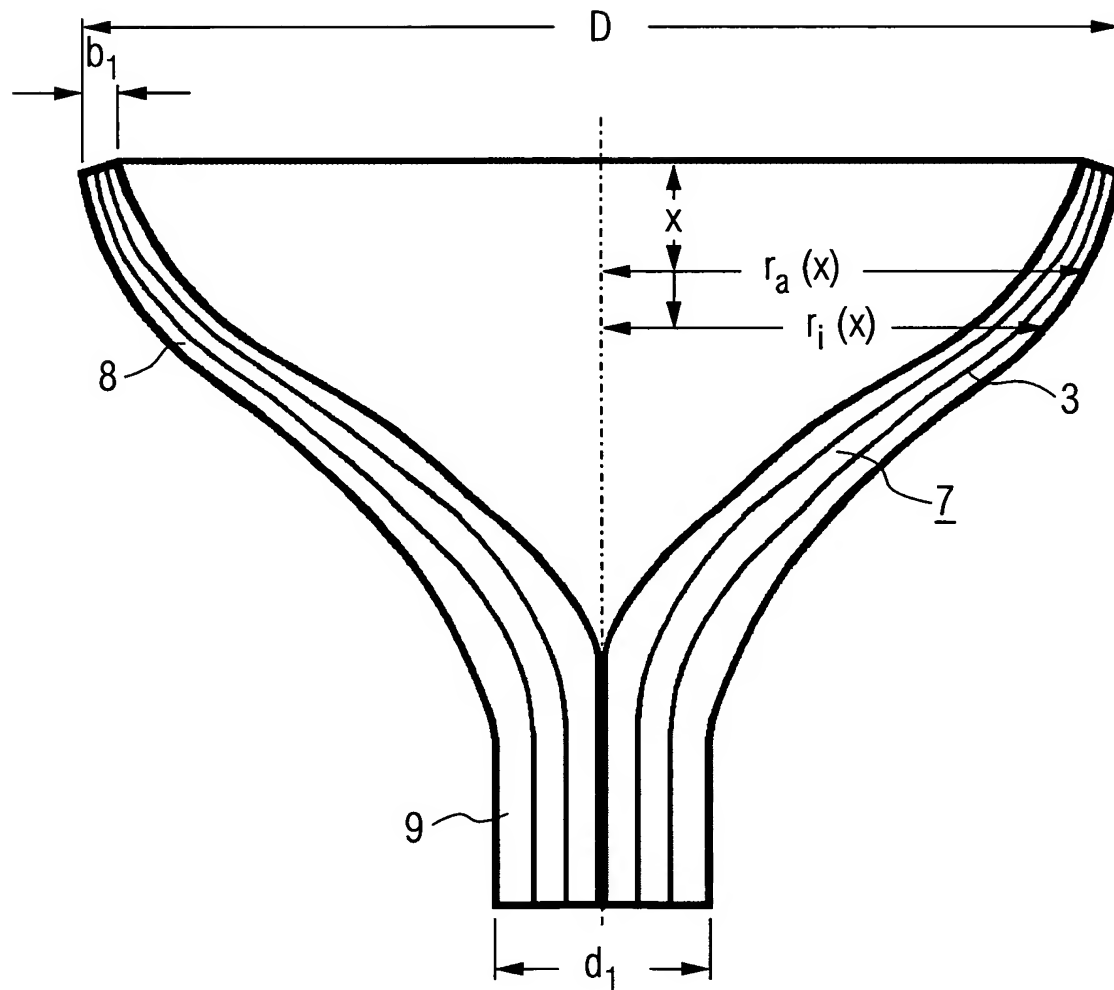


FIG 4

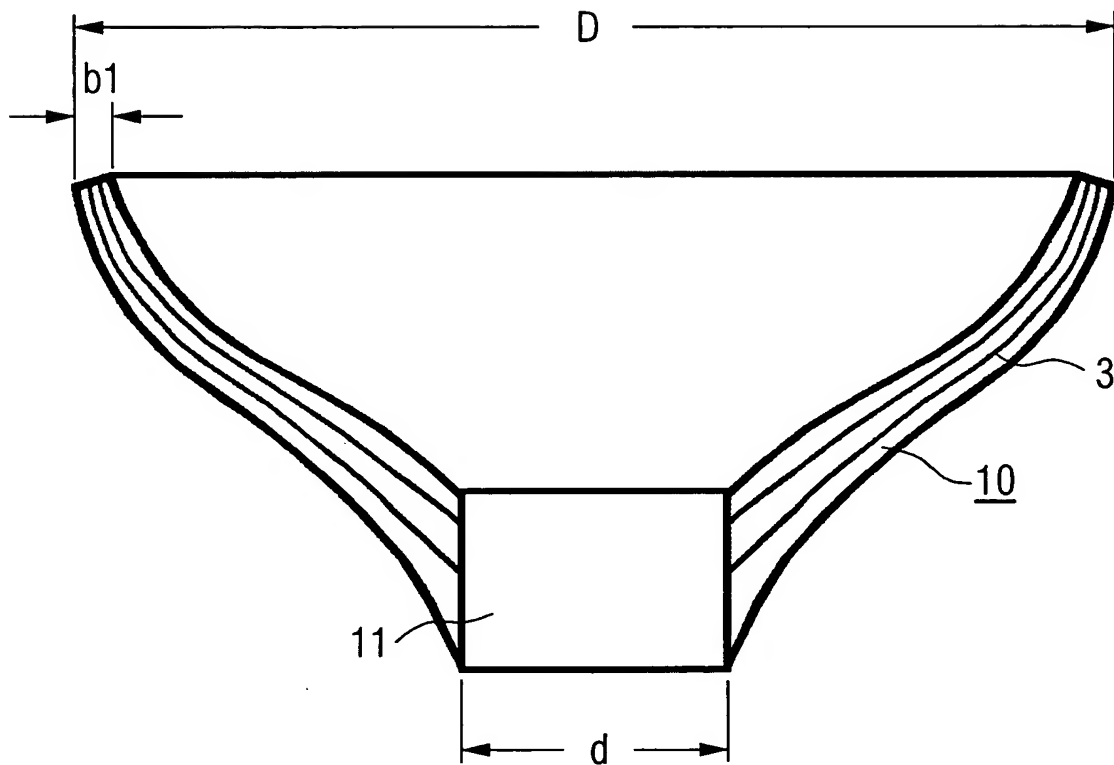


FIG 5

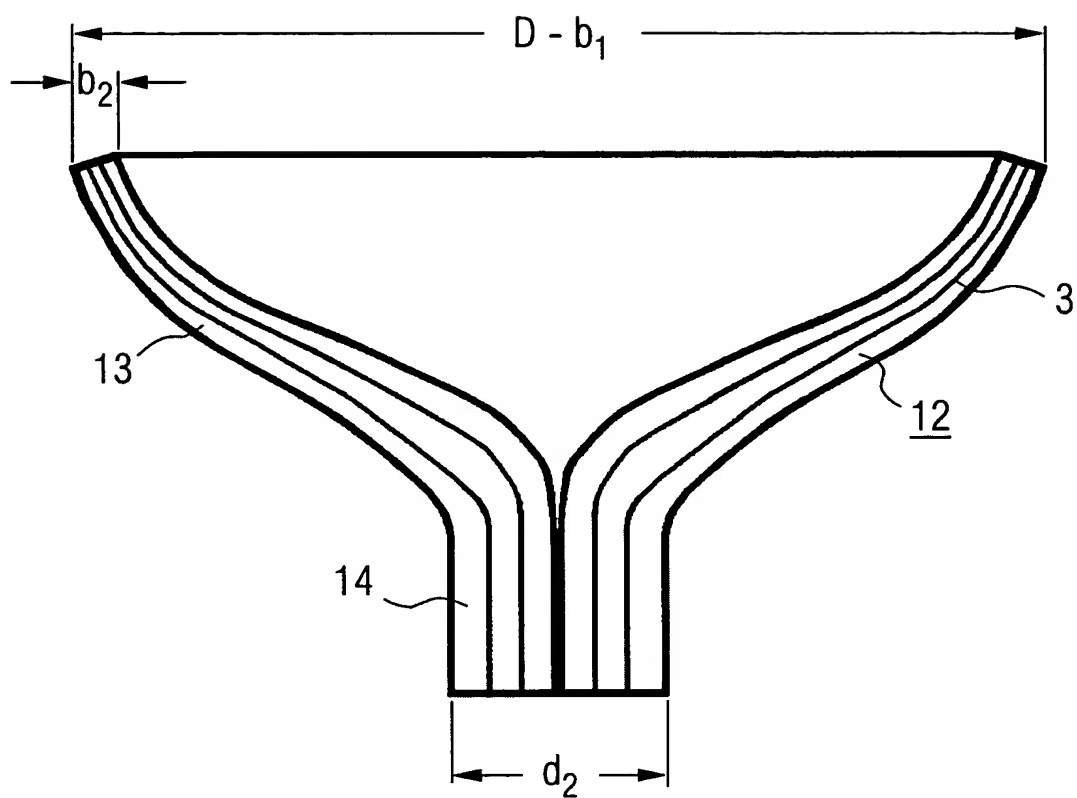


FIG 6

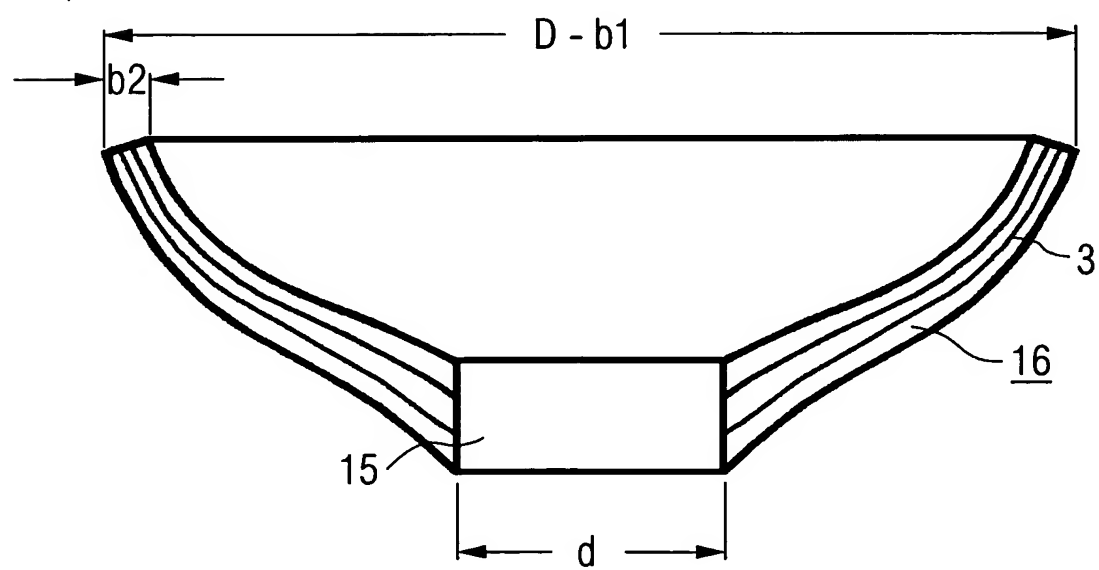


FIG 7

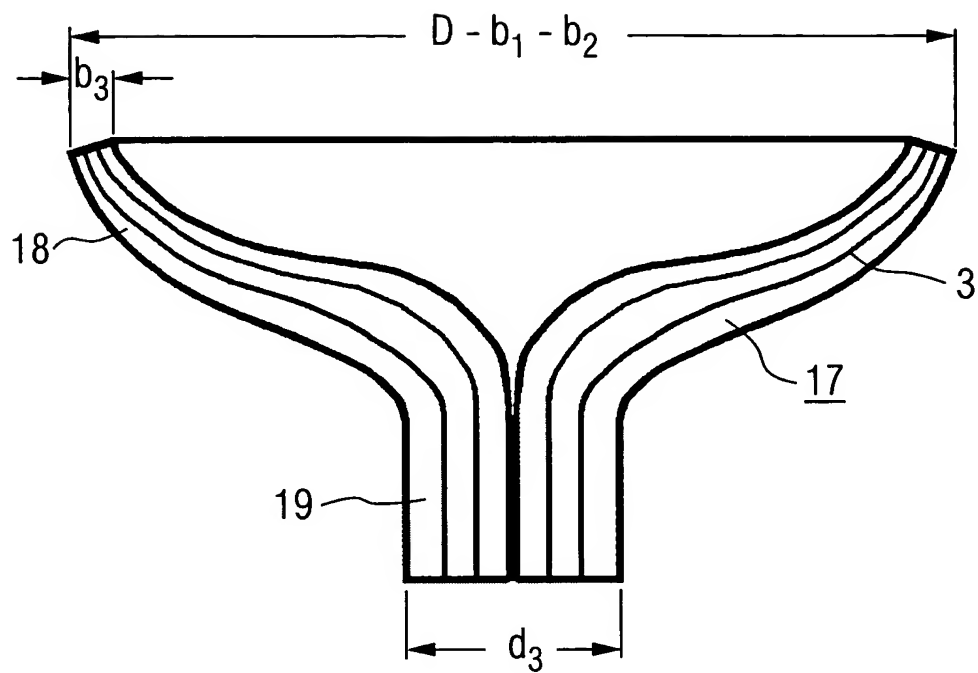


FIG 8

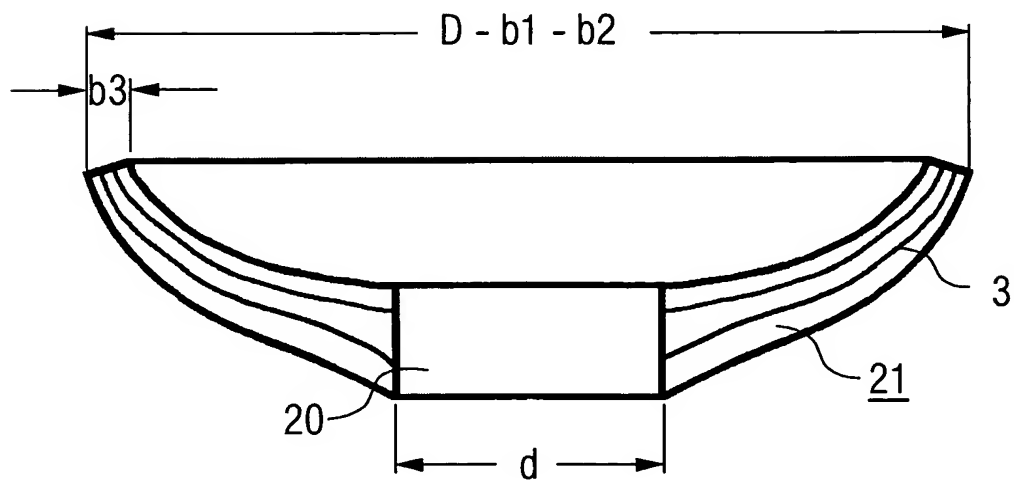


FIG 9

